

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ИОНОВ ЭРБИЯ В СТЕКЛЕ

А.Н. Абдршин, В.А. Асеев, Р.К. Нурыев

Исследованы зависимости интенсивности люминесценции ионов эрбия в стеклах разного состава и концентрации активатора при различных температурах.

Ключевые слова: люминесцентные датчики, ионы эрбия, лазерные стекла.

На сегодняшний день актуальной задачей является разработка и создание оптических датчиков для измерения температуры. Большинство традиционных датчиков температуры, таких как термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи, обладают рядом серьезных недостатков. Например, непосредственное воздействие среды на такой датчик ухудшает стабильность его характеристик, особенно при высоких температурах и при использовании его в сильных электромагнитных полях. От этих недостатков свободны оптические датчики температуры. Оптические датчики, основанные на измерении люминесценции, являются перспективными температурными сенсорами, поскольку обеспечивают высокую точность измерения и высокое быстродействие при малых габаритах и весе сенсора. В качестве активной среды люминесцентного датчика чаще всего используется стекло или кристалл, активированные ионами редкоземельных металлов (эрбий, диспрозий и т.д.) [1]. Подбор матрицы стекла, выбор активатора и оптимизация его концентрации обеспечивают увеличение точности, расширение динамического диапазона измерения температур, а также возможность управления длиной волны накачки и выбора спектрального диапазона регистрации люминесцентного сигнала. Наши предварительные расчеты показали, что добавление ионов иттербия в качестве сенсibilизатора в эрбиевое стекло должно значительно увеличить эффективность люминесцентных датчиков. В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование ап-конверсионной люминесценции в различных стеклообразных матрицах (теллуридной и силикатной), активированных ионами эрбия и иттербия.

В работе исследованы иттербий-эрбиевые стекла, в которых при постоянной концентрации иттербия ($\sim 17 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$) изменялась концентрация эрбия от $0,12 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ до $2,26 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$.

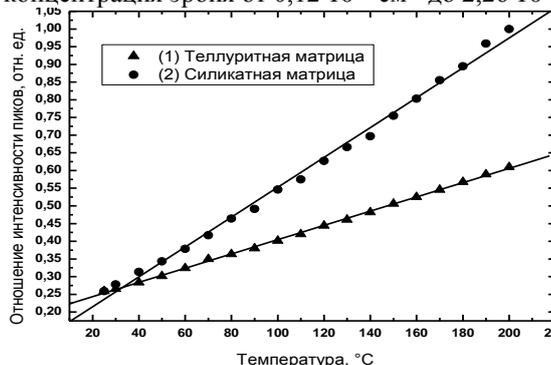


Рисунок. Зависимость отношения пиков люминесценции от температуры для теллуридного (1) и силикатного (2) стекла концентрация эрбия $0,56 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$

В эксперименте регистрировалась люминесценция эрбия, который возбуждался через поглощение иттербия. Образец иттербий-эрбиевого стекла помещался в термоячейку, где происходила накачка. Сигнал люминесценции, проходя через монохроматор, регистрировался ФЭУ и поступал на компьютер. Спектр люминесценции эрбия записывался в области 500–550 нм при температурах от 25°C до 200°C с шагом в 10°C. В данной спектральной области у эрбия находятся 2 полосы люминесценции, связанные с переходами между уровнями $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$ и $^2H_{11/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$. Энергетический зазор между этими метастабильными уровнями соизмерим с энергией тепловых колебаний, и нагрев образца приводит к перераспределению населенности между этими уровнями. Изменяя изменение интенсивности полос люминесценции, можно достаточно точно определить температуру образца (рисунок).

Из рисунка видно, что отношение пиков люминесценции возрастает при увеличении температуры как для силикатного, так и для теллуридного стекла. Это означает, что интенсивность люминесценции с уровня $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$ падает, а с $^2H_{11/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$ возрастает, т.е. возбуждение за счет теплового процесса перемещается на более высокий уровень. Показано, что зависимость отношения пиков люминесценции от температуры имеет линейный характер в широком диапазоне температур. Это позволило нам сделать вывод, что данная зависимость может быть использована для калибровки датчиков температуры. Наклон прямой для силикатного стекла выше, чем для теллуридного. Таким образом, выбор матрицы стекла позволяет изменять чувствительность датчика температуры.

1. А.Н. Khalid, K. Kontis, Thermographic Phosphors for High Temperature Measurements: Principles, Current State of the Art and Recent Applications // Sensors. – 2008. – V. 8. – P. 5673–5744.

Абдршин Альберт Наильевич – СПбГУ ИТМО, студент, myltitabs@mail.ru; Асеев Владимир Анатольевич – СПбГУ ИТМО, аспирант, aseev@oi.ifmo.ru; Нурыев Рустам Какабаевич – СПбГУ ИТМО, студент, nuryev@oi.ifmo.ru